

PAT-NO: JP02000278899A

DOCUMENT-IDENTIFIER: JP 2000278899 A

TITLE: ROTOR WITH PERMANENT MAGNET OF ROTARY ELECTRIC MACHINE

PUBN-DATE: October 6, 2000

INVENTOR-INFORMATION:

NAME	COUNTRY
NODA, SHINICHI	N/A
SHIMOMURA, EIJI	N/A
TSUDA, JUNICHI	N/A
MOCHIZUKI, SUKEYASU	N/A
NISHIZAWA, TAKASHI	N/A

ASSIGNEE-INFORMATION:

NAME	COUNTRY
TOSHIBA CORP	N/A

APPL-NO: JP11081731

APPL-DATE: March 25, 1999

INT-CL (IPC): H02K001/27

ABSTRACT:

PROBLEM TO BE SOLVED: To reduce magnetic noise due to the n-th order harmonics of an electromagnetic force with a simplified structure.

SOLUTION: The rotor iron core 14 has the external circumference surface so that a ratio r/a of external circumference radius (r) of magnetic pole and deviation (a) between the center of external circumference radius and the center of rotor 12 satisfies $-0.0097n^3+0.426n^2-6.278n+36$. However, (n) is the n-th order harmonics as the target of reduction among the electromagnetic force developed in the gap between the rotor iron core 14 and stator iron core. With the structure explained above, since noise due to the harmonic element as the noise source among the electromagnetic force developed in the gap between iron cores can be reduced, noise generated from an rotary electric machine can be reduced effectively by forming the magnetic poles in the shape as explained above.

(11)特許出願公開番号

特開2000-278899

(P2000-278899A)

(43)公開日 平成12年10月6日(2000.10.6)

(51) Int.Cl.⁷

H0 2K 1/27

識別記号

501

FI

H02K 1/27

テ-マコ-ト* (参考)

501K 5H622

501A

501M

審査請求 未請求 請求項の数6 OL (全 10 頁)

(21)出願番号 特願平11-81731

(22)出願日 平成11年3月25日(1999.3.25)

(71)出願人 000003078

株式会社東芝

神奈川県川崎市幸区堀川町72番地

(72) 発明者 野田 伸一

三重県三重郡朝日町大字廻生2121番地 株
式会社東芝三重工場内

(72) 発明者 霜村 英二

三重県三重郡朝日町大字廻生2121番地 株
式会社東芝三重工場内

(74) 代理人 100071135

弁理士 佐藤 強

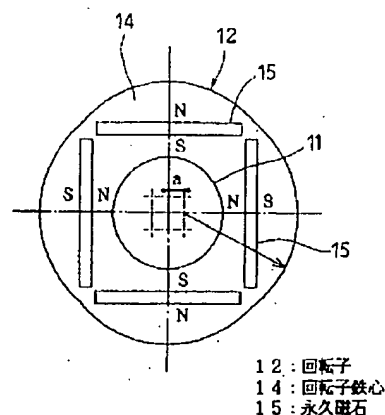
[最終頁に続く](#)

(54) 【発明の名称】 回転電機の永久磁石付き回転子

(57) 【要約】

【課題】 簡単な構造で電磁力の n 次高調波成分による磁気騒音を低減できるようにする。

【解決手段】 回転子鉄心14は、磁極の外周半径rと、その外周半径rの中心と回転子12の中心とのずれ量aとの比 r/a が $-0.0097n^3 + 0.426n^2 - 6.278n + 36$ を満足するように外周面が湾曲形成されている。但し、nは回転子鉄心14と固定子鉄心16との間の空隙で発生する電磁力のうち低減目標とするn次高調波成分である。このような構成により、鉄心間空隙に発生する電磁力のうち騒音源となっている高調波成分による騒音を低減することが分ったので、斯様な形状に磁極を形成することにより、回転電機から発生する騒音を効果的に低減することができる。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 回転子鉄心に複数の磁極を形成するように板状の永久磁石を設けた回転電機の永久磁石付き回転子において、

前記回転子鉄心の外周は、磁極の外周半径 r と、この外周半径 r の回転子中心からのズレ量 a との比 r/a が次式で表される湾曲形状に形成されていることを特徴とする回転電機の永久磁石付き回転子。

$$r/a = -0.0097n^3 + 0.426n^2 - 6.278n + 36$$

但し、 n は回転子鉄心と固定子鉄心との間の鉄心間空隙で発生する電磁力のうち騒音低減目標とする n 次高調波成分である。

【請求項2】 比 r/a の許容最大ずれの比率は $\pm 1.0\%$ 以内であることを特徴とする請求項1記載の回転電機の永久磁石付き回転子。

【請求項3】 騒音低減目標とする n 次高調波成分は、 $2 \leq n \leq 16$ の偶数であることを特徴とする請求項1または2記載の回転電機の永久磁石付き回転子。

【請求項4】 永久磁石は、磁極の外周半径 r と回転子鉄心の中心からの距離 b との比 r/b が1.2から1.4までの位置に設けられていることを特徴とする請求項1乃至3の何れかに記載の回転電機の永久磁石付き回転子。

【請求項5】 永久磁石間には、これらの間に磁束が通じることを阻止する補助永久磁石が備えられていることを特徴とする請求項1乃至4の何れかに記載の回転電機の永久磁石付き回転子。

【請求項6】 永久磁石は、長尺方向が磁極中心の接線方向に対して2〜4度傾斜していることを特徴とする請求項1乃至5の何れかに記載の回転電機の永久磁石付き回転子。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、円筒状の回転子鉄心に複数の磁極を形成するように板状の永久磁石を設けた回転電機の永久磁石付き回転子に関する。

【0002】

【発明が解決しようとする課題】図10は回転電機を示している。この図10において、回転軸1に装着された回転子2は固定子3（固定子巻線は省略）の内周に回転可能に配置されている。この回転子2は、回転子鉄心4の各磁極の形成部位に板状の永久磁石5を挿入して構成されており、各永久磁石5は隣同士でS極とN極とが交互となるように回転子鉄心4の半径方向に着磁されている。この場合、回転子鉄心4の外周と固定子鉄心6の内周との鉄心間空隙は全体にわたって均一となっている。

【0003】このように従来の構成では、内周が円形である固定子鉄心6に対して、外周が円形である回転子鉄心4を組合わせているため、鉄心間空隙の間隔は全周に

わたって一定となり、周上の何れの部位であっても磁気抵抗の差は小さい。このため、鉄心間空隙の磁束密度分布は永久磁石5の配置に依存されることになり、矩形波波形に近似する。このため、鉄心間空隙の磁束密度が大きく変化することになり、トルク脈動、磁気振動及び磁気騒音を発生するという欠点を有する。

【0004】この欠点を除去するための手段として、特公昭63-14644号公報のものでは、図11に示すように回転子鉄心7と固定子鉄心8との間の鉄心間空隙を大きく設けると共に、回転子鉄心7の磁極の外周を弓型に湾曲形成することを提案している。これは、磁極の外周を弓形に湾曲形成することにより、鉄心間空隙に形成される磁束密度分布を矩形波波形から正弦波波形に近似させ、トルク脈動、磁気振動及び磁気騒音を低減することを狙いとしている。

【0005】ところが、このように磁極の外周を湾曲形状に形成するにしても、実際には、必ずしもこれらの問題を解決できていないのが実情である。そこで、騒音の発生要因を究明するために、回転子鉄心7の磁極の外周湾曲に対する電磁力と騒音との関係を究明した結果、問題となる騒音は、電磁力の n 次高調波成分の周波数と構造系の固有振動数との共振現象が原因で大きくなることが確認できた。その内容を具体的に説明すると、騒音の発生メカニズムは、固定子巻線電流を流すことにより磁束が生じ、その磁束から電磁力が鉄心間空隙に作用し、この電磁力により構造系の固定子鉄心が振動して騒音放射となる。この場合、電磁力としては運転周波数に応じて発生するものに加えて n 次高調波成分によるものも発生することから、その n 次高調波成分による電磁力と固定子鉄心の共振現象に着目する必要がある。

【0006】要するに、回転子の回転に寄与する電磁力の成分は、回転子の円周方向であるのに対し、振動を引起す電磁力は主に回転子の半径方向に作用するので、鉄心間空隙の磁束密度分布を正弦波波形とすることだけに着目していても騒音は低減できないことが分った。特に、鉄心間空隙の磁束密度分布は回転子を駆動するためのトルクを発生するもので円周方向に作用する電磁力が主であるものの、騒音の原因は、回転子の半径方向に作用する電磁力が主であることから、電磁力の高調波成分に着目する必要がある。

【0007】ここで、電磁力の n 次高調波成分による騒音発生に関する具体的事例を説明する。図12は、インバータ運転の運転周波数 $f = 0 \sim 240 \text{ Hz}$ を5分間でスイープ運転させ、騒音レベルであるオーバー・オール値を記録したものである。この図12において、横軸に運転周波数 f を示し、縦軸に騒音レベルを示している。この図12から分るように、 $f = 180 \text{ Hz}$ 付近で大きな騒音ピークが現れている点が問題である。

【0008】一方、図13は運転周波数 $f = 180 \text{ Hz}$ に固定し、騒音の周波数分析を行った結果を示してい

永久磁石15同士が離れ過ぎるため、永久磁石15付近での磁束密度は小さくなり過ぎる。このため、鉄心間空隙における磁束密度分布は正弦波波形から大きくずれる結果となる。

【0044】以上の結果から、鉄心間空隙の磁束密度を正弦波波形に近似させ、電磁力の高調波成分を抑制するのに最適な比 r/b は1.2~1.4であることが判明した。但し、本実施例では、第1の実施例で説明した数1を満足する場合のみ騒音を効果的に低減することができる。

【0045】この第2の実施例によれば、回転子鉄心14に設けられた永久磁石15の位置を規定することにより、鉄心間空隙における磁束密度分布を正弦波波形に近似させるようにしたので、トルク脈動、磁気振動及び磁気騒音を効果的に低減して、全体の騒音を一層低減することができる。

【0046】(第3の実施例)次に本発明の第3の実施例を図8を参照して説明する。この第3の実施例は、回転子からの磁束漏れを低減したことに特徴を有する。

【0047】即ち、回転子を示す図8において、回転子鉄心14において永久磁石15間(磁極間)には補助永久磁石17が挿入されている。この補助永久磁石17は、当該補助永久磁石17を挟む永久磁石15が形成する磁界を打消すように設けられている。このように補助永久磁石17を配置することにより、回転子鉄心14の内部を通じて隣合う永久磁石15間に磁束が通じてしまうことを防ぐことができる。

【0048】この第3の実施例によれば、回転子鉄心14の内部を通じて隣合う永久磁石15間に磁束が通じてしまうことが防止できるので、永久磁石15から発生する磁束は無駄なく回転子12を回転させる電磁力として作用することになり、回転トルクを高めることができる。

【0049】また、回転子鉄心14に補助永久磁石17を取付けることで、さらに鉄心間空隙における磁束密度分布を高調波成分を含まない正弦波波形に近似させることも可能となり、一層の騒音低減が実現できる。

【0050】(第4の実施例)次に本発明の第4の実施例を図9を参照して説明する。この第4の実施例は、回転子の永久磁石の配置を工夫した点に特徴を有する。即ち、回転子を示す図9において、板状の永久磁石15の長尺方向角度 θ を回転子鉄心16の磁極中心の接線方向に対して $\theta=2\sim4$ 度に傾斜させて設定している。このように永久磁石15を傾斜させて配置することにより、電磁力の n 次高調波成分のうち3, 5, 7……の奇数倍の高調波成分が増加する一方で、その分だけ、2, 4, 6, 8……の偶数倍の高調波成分が低減させることができることが分っている。

【0051】従って、偶数倍の電磁力成分を低減するこ

とができるので、構造系の固有振動数との共振現象を回避して、騒音を低減することができる。この場合、奇数倍の高調波成分が増加するにしても、エネルギー的には小さいことから騒音を効果的に低減することができる。

【0052】この第4の実施例によれば、長尺状の永久磁石15の配置方向を工夫することにより、電磁力の偶数倍の高調波成分を低減するようにしたので、 n 次高調波成分による騒音を低減して、全体の騒音低減を実現することができる。

10 【0053】本発明は、上記実施例に限定されるものではなく、次のように変形または拡張できる。騒音低減となる目標の電磁力の n 次高調波成分としては、8次に限定されることなく、2次、4次、10次、12次を騒音低減となる目標の電磁力の n 次高調波成分として回転子鉄心の磁極形状を求めるようにしてもよい。アウトロータ形の回転電機に適用するようにしてもよい。

【0054】

【発明の効果】以上の説明から明らかなように、本発明の回転電機の磁石付き回転子によれば、回転子鉄心の外周を、磁極の外周半径 r とこの外周半径 r の中心からのズレ量 a との比 r/a が所定式で規定された湾曲形状に形成するようにしたので、電磁力の n 次高調波成分を低減して、簡単な構造で電磁力の n 次高調波成分による磁気騒音を低減できるという優れた効果を奏する。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施例における回転子を示す図

【図2】回転電機を概略的に示す図

【図3】有限要素法による磁束解析を示す図

【図4】電磁力の周波数分析を示す図

20 【図5】 n 次高調波成分が最大限に低減する場合の比 r/a を示す図

【図6】騒音のオーバーオール値を示す図

【図7】本発明の第2の実施例を示す図1相当図

【図8】本発明の第3の実施例を示す図1相当図

【図9】本発明の第4の実施例を示す図1相当図

【図10】従来例を示す図2相当図

【図11】その他の従来例を示す図2相当図

【図12】図6相当図

【図13】騒音の周波数分析結果を示す図

40 【図14】電磁力の n 次高調波成分と構造系の固有振動数との関係を示す図

【図15】騒音のオーバーオール値を示す図

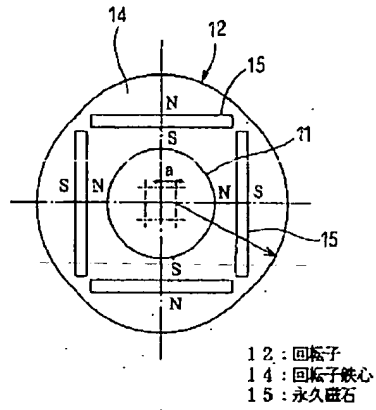
【図16】騒音の周波数分析結果を示す図

【図17】電磁力の n 次高調波成分と構造系の固有振動数との関係を示す図

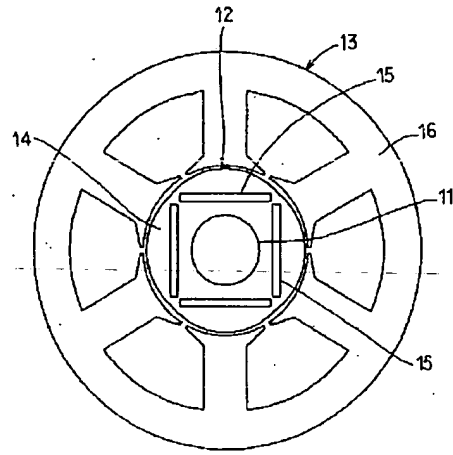
【符号の説明】

12は回転子、13は固定子、14は回転子鉄心、15は永久磁石、16は固定子鉄心、17は補助永久磁石である。

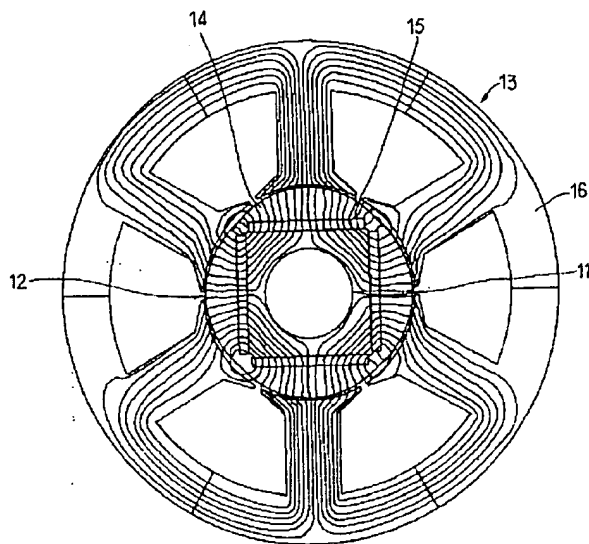
【図1】



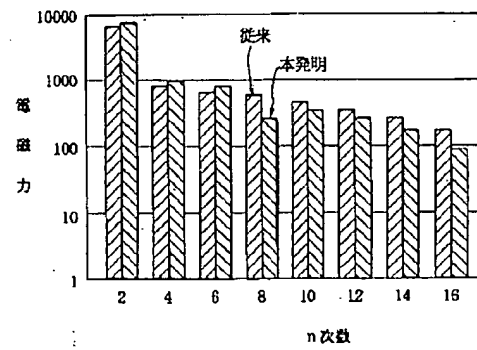
【図2】



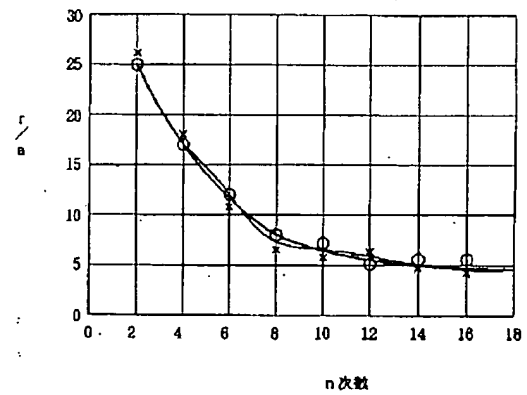
【図3】



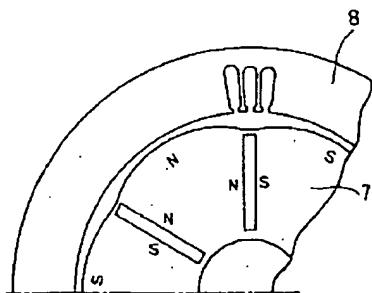
【図4】



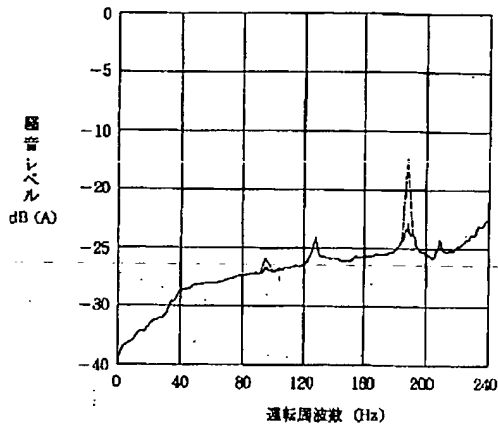
【図5】



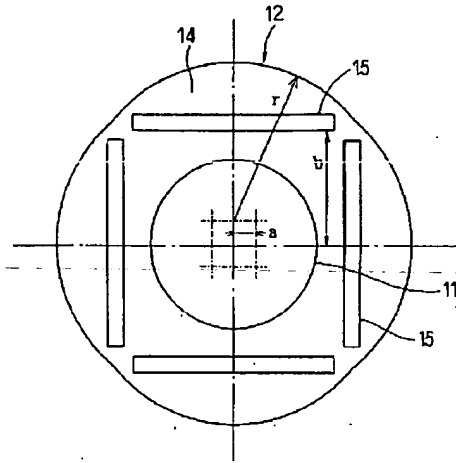
【図11】



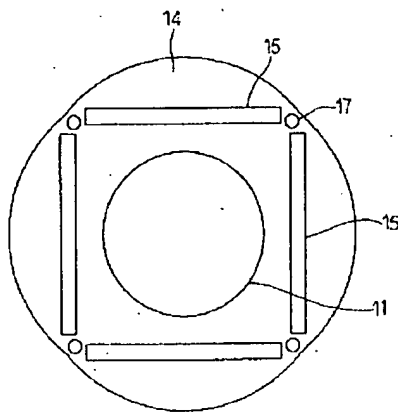
【図6】



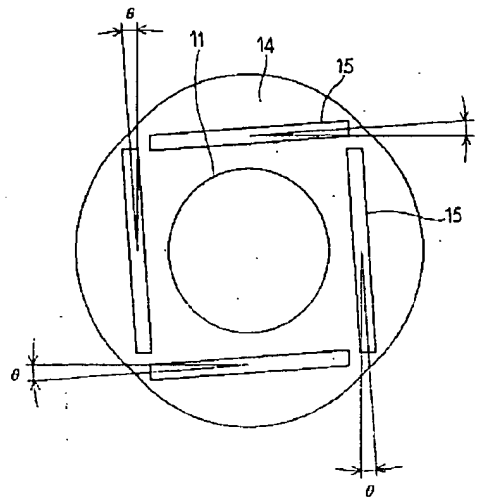
【図7】



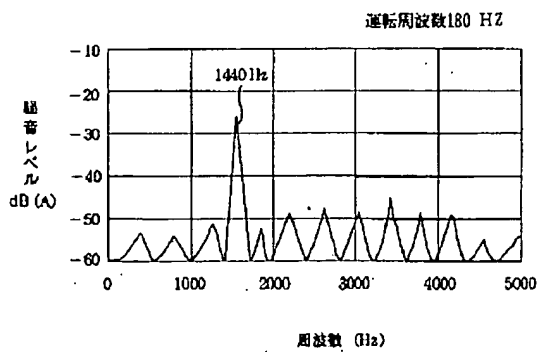
【図8】



【図9】



【図13】



【図16】

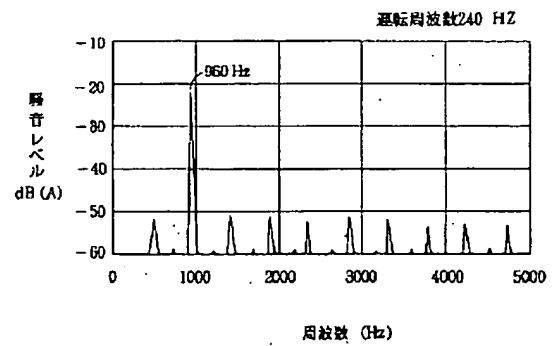


Figure 1 is a graph showing the relationship between the number of cycles (発生周波数) in Hz on the y-axis and the driving frequency (運転周波数) in Hz on the x-axis. The y-axis ranges from 0 to 4000 Hz, and the x-axis ranges from 0 to 240 Hz. Eight lines originate from (0,0) and are labeled 2次, 4次, 6次, 8次, 10次, 12次, 14次, and 16次. Data points are plotted on these lines: 2次 at (240, 500), 4次 at (120, 1000), 6次 at (80, 1000), 8次 at (60, 1000), 10次 at (240, 2500), 12次 at (200, 2500), 14次 at (160, 2500), and 16次 at (150, 2500). Two horizontal dashed lines are labeled '固有振動数' (natural frequency) at approximately 2500 Hz and '固有共振数' (resonance frequency) at approximately 1000 Hz.

(72)発明者 津田 純一
三重県三重郡朝日町大字繩生2121番地 株
式会社東芝三重工場内

(72)発明者 望月 資康
三重県三重郡朝日町大字繩生2121番地 株
式会社東芝三重工場内

(72)発明者 西沢 隆志
三重県三重郡朝日町大字縄生2121番地 株
式会社東芝三重工場内
Fターム(参考) 5H622 AA03 CA02 CA05 CA13 CB03
CB05 PP03 PP10 PP16 PP19
QB02 QB05

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.